

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 198 21 855 A 1

21 Aktenzeichen: 198 21 855.9  
22 Anmeldetag: 15. 5. 98  
43 Offenlegungstag: 18. 11. 99

51 Int. Cl. 6: H 04 R 1/20  
H 04 R 9/06  
H 04 R 17/00

*Handwritten signatures and initials: #9, BJ, IDS, Kefers*

71 Anmelder:  
Nokia (Deutschland) GmbH, 75175 Pforzheim, DE

74 Vertreter:  
Patentanwälte Westphal, Mussnug & Partner,  
78048 Villingen-Schwenningen

72 Erfinder:  
Bachmann, Wolfgang, Dr., 41516 Grevenbroich, DE;  
Krump, Gerhard, Dr., 94374 Schwarzach, DE; Regl,  
Hans-Jürgen, 40477 Düsseldorf, DE; Ziganki,  
Andreas, 40822 Mettmann, DE

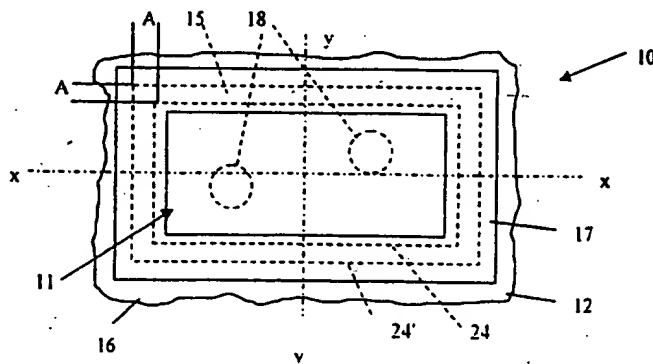
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 31 26 993 C2  
DE 30 41 742 C2  
DE 29 32 942 C2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Plattenlautsprecher

57 Die Erfindung bezieht sich auf sogenannte Plattenlautsprecher 11, die nach dem Multiresonanzprinzip arbeiten. Derartige Lautsprecher werden allgemein von einer Kernschicht 13 und zumindest einer Deckschicht 14.o, 14.u gebildet, wobei die jeweiligen Deckschichten 14.o, 14.u mit der Kernschicht 13 verbunden sind. Außerdem ist eine Peripherie 12 vorhanden, welche den Plattenlautsprecher 11 mit seitlichem Abstand A umrandet, wobei der Plattenlautsprecher mittels Verbindungselemente 17, 17' mit der Peripherie 12 verbunden ist. Obwohl sich mittels der eben beschriebenen Plattenlautsprecher 11 im Mittel- und Hochtonbereich gute Wiedergebergebnisse erzielen lassen, hat sich gezeigt, daß für eine gute Tieftonwiedergabe unerwünscht große Paneelflächen notwendig sind. Werden solche Paneelflächen nicht zur Verfügung gestellt, so verschieben sich die die Baßwiedergabe tragenden, tiefsten Plattenresonanzen in den Mittelbereich. Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, 11 anzugeben, welche trotz verhältnismäßig kleiner Paneelflächen verbesserte Klangwiedergeberleistungen im Tieftonbereich aufweisen. Dies wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Verbindungselemente 17, 17' im mit der Peripherie 12 verbundenen Zustand unter mechanischer Spannung stehen. Hierdurch entstehen zusätzlich zu den vorhandenen tieffrequenten Plattenresonanzen noch weitere, besonders tieffrequente Trommelresonanzen. Diese können durch die Spannung in den Verbindungselementen 17, 17' abgestimmt werden.



## Beschreibung

## Technisches Gebiet

Die Erfindung befaßt sich mit Plattenlautsprechern, insbesondere mit der Verbesserung der Tieftonabstrahlung solcher Plattenlautsprecher.

## Stand der Technik

Gemäß dem Stand der Technik sind Plattenlautsprecher bekannt, die nach dem Multiresonanzprinzip arbeiten und auch unter dem Begriff "Distributed Mode Loudspeakers" bekannt sind. Derartige Anordnungen werden im wesentlichen von einem flachen Paneel und wenigstens einem Antriebssystem gebildet, wobei das Paneel in Schwingungen versetzt wird, wenn dem Antriebssystem niederfrequente, elektrische Tonsignale zugeführt werden. Je nach Anwendungszweck werden die Antriebssysteme für diese Anordnungen von einem oder einer Mehrzahl von elektromagnetischen Treibern (Shaker) gebildet. Letzteres schließt aber nicht aus, daß auch piezoelektrische Biegeschwinger ausschließlich oder in Kombination mit den vorbenannten Shakern als Antriebssysteme eingesetzt werden.

Um die Plattenlautsprecher sachgerecht betreiben zu können, sind diese mit Verbindungselementen mit einer Peripherie verbunden. Diese Peripherie gestattet einerseits das äußere Festhalten des gesamten Plattenlautsprechers und stellt andererseits ein für die Tonwiedergabe günstiges Auffangen des Gewichts des Paneels und des oder der verwendeten Antriebssysteme sicher.

Charakteristisch für solche Schallwiedergabeanordnungen in der Form von Plattenlautsprechern ist, daß ab einer kritischen unteren Grenzfrequenz eine "Biegewellenabstrahlung" möglich wird, wobei die Biegewellen im Plattenlautsprecher zu einer Schallabstrahlung mit frequenzabhängiger Richtung führen. Ein Schnitt durch ein erstelltes Richtdiagramm zeigt eine Hauptkeule, deren Richtung frequenzabhängig ist.

Das Paneel des Plattenlautsprechers ist nach dem Sandwich-Prinzip aufgebaut, indem vorzugsweise zwei einander gegenüberliegende Oberflächen einer sehr leichten Kernschicht mit jeweils einer im Vergleich zur Kernschicht dünnen Deckschicht beispielsweise durch Verklebung verbunden sind. Damit der Plattenlautsprecher gute Schallwiedergabeeigenschaften aufweist, muß das Material für die Deckschicht eine besonders hohe Dehnwellengeschwindigkeit haben. Geeignete Deckschichtmaterialien sind beispielsweise dünne Metallfolien oder auch faserverstärkte Kunststoffolien. Auch an die Kernschicht werden besondere Anforderungen gestellt, denn diese Schicht muß vor allem eine besonders geringe Dichte (z. B. 20 bis 30 kg/m<sup>3</sup>) aufweisen. Weiterhin soll die Kernschicht hohe Schubspannungen normal zu den Deckschichten aufnehmen können. Dazu muß letztlich der Elastizitätsmodul in Richtung normal zu den Deckschichten ausreichend groß sein, während parallel zu den Deckschichten auch ein sehr geringer E-Modul nicht stört. Insofern kann die Kernschicht anisotropes oder auch isotropes Verhalten zeigen. Als ultraleichte Kernschichtstrukturen haben sich beispielsweise Waben aus Leichtmetall-Legierungen oder harzgetränkte faserverstärkte Papiere (anisotrop) und Hartschäume (isotrop) bewährt.

Um mittels einer oben beschriebenen Anordnung Schallwellen abzustrahlen ist es notwendig, das Paneel mit einem Antriebssystem zu verbinden, welches dann das Paneel senkrecht zur Ebene der Deckschichten wellenförmig verformt. Um dies zu realisieren, werden in aller Regel aus dem Stand der Technik bekannte Magnetsysteme verwendet, in-

dem diese am Paneel angesetzt oder auch in diesem integriert werden.

Zur Maximierung des Wirkungsgrades von Plattenlautsprechern nach dem Multiresonanzprinzip sollte der Rand des Paneels nach Möglichkeit "befreit" sein, d. h. die auf dem Paneel sich ausbreitenden Transversalschwingungen sollten im Randbereich des Paneels weder fixiert noch gedämpft werden.

Obwohl sich mittels der eben beschriebenen Plattenlautsprecher im Mittel- und Hochtonbereich gute Wiedergabergebnisse erzielen lassen, hat sich gezeigt, daß für eine gute Tieftonwiedergabe unerwünscht große Paneelflächen notwendig sind. Werden solche Paneelflächen nicht zur Verfügung gestellt, so verschieben sich die die Baßwiedergabe tragenden, tiefsten Plattenresonanzen in den Mittelbereich.

Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, Plattenlautsprecher anzugeben, welche trotz verhältnismäßig kleiner Paneelflächen verbesserte Klangwiedergabeleistungen im Tieftonbereich aufweisen.

## Darstellung der Erfindung

Diese Aufgabe wird mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen sind den Ansprüchen 2 bis 9 entnehmbar.

Ist das jeweilige Paneel des Plattenlautsprechers mit der Peripherie mittels unter mechanischer Spannung stehenden Verbindungselementen verbunden, so entstehen zusätzlich zu den vorhandenen tieffrequenten Plattenresonanzen noch weitere, besonders tieffrequente Trommelresonanzen. Diese können durch die Spannung in den Verbindungselementen abgestimmt werden.

Schon an dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß die jeweils verwendeten Materialien und der Grad der Vorspannung der jeweiligen Verbindungselemente entscheidenden Einfluß auf die Wiedergabefähigkeit tieffrequenter Tonsignale haben.

Auch ist es nicht notwendig, daß die gespannten Verbindungselemente in unterschiedlichen Raumrichtungen die gleichen Spannungen aufweisen müssen.

Werden gemäß Anspruch 2 die jeweiligen Verbindungselemente von einer oder auch beiden Deckschichten gebildet, indem die jeweiligen Deckschichten den seitlichen Abstand bis zur Peripherie überspannen, ist eine sehr kostengünstige und in der Herstellung sehr einfach realisierbare Einheit aus Peripherie und Paneel geschaffen.

Wird gemäß Anspruch 3 die jeweilige Peripherie von einem Rahmen gebildet, können derartige Anordnungen ohne großen Aufwand mit anderen Gegenständen verbunden werden, da die für die Erzeugung der notwendigen Spannung in den Deckschichten und/oder Verbindungselementen notwendigen Arbeiten schon werkseitig mit hoher Fertigungsgüte ausgeführt werden können.

Auch sind die erfindungsgemäßen Plattenlautsprecher nicht als bloß monotäre Schallwiedergabeanordnungen einsetzbar. Vielmehr ist es gemäß Anspruch 4 auch möglich, eine Mehrzahl von Plattenlautsprechern zu einer größeren Schallwand zu kombinieren, ohne daß das einzelne Paneel unmittelbar mit einer durch Wandler nicht angeregten Peripherie verbunden ist. Vielmehr hat sich im Zusammenhang mit der Erfindung gezeigt, daß die sonst zur Verbindung mit einer nicht angeregten Peripherie (z. B. einem Rahmen) eingesetzten Verbindungselemente auch zur gegenseitigen und entkoppelten Verbindung von einander nebengeordneten Paneelen einer größeren Schallwand verwendet werden können. Ist diese größere Schallwand – wie schon im Zusammenhang mit Anspruch 1 beschrieben – ebenfalls mittels entsprechender Verbindungselemente beispielsweise

mit einem Rahmen verbunden, kann durch die in diesen Verbindungselementen vorherrschende Spannung auch die Spannung in den Verbindungselementen eingestellt werden, die zwischen den Paneelen einer solchen Schallwand angeordnet sind. In diesem Fall kann die Feineinstellung zur entkoppelten und gespannten Verbindung zwischen zwei benachbarten Paneelen durch eine entsprechende Größen- und/oder Materialauswahl für das jeweilige Verbindungselement vorgenommen werden.

Eine besonders einfache Einstellung der Spannung in den Deckschichten und/oder Verbindungselementen ist gegeben, wenn gemäß Anspruch 5 die jeweiligen Verbindungselemente an ihren Rändern, welche mit der Peripherie verbunden sind, mit Spannleisten versehen sind, wenn die Peripherie mit Kanten versehen, an denen die Spannleisten anliegen, wenn das Paneel mit der Peripherie verbunden ist, und wenn bei einem noch nicht mit der Peripherie verbundenen Paneel die Abstände zwischen den Spannleisten und den durch den Mittelpunkt des jeweiligen Plattenlautsprechers verlaufenden Koordinatenlinien kleiner sind als die Abstände zwischen den Kanten und den ebenfalls durch den Mittelpunkt der Peripherie verlaufenden Koordinatenlinien. Werden in diesem Fall die Spannleisten mit den Kanten in Verbindung gebracht, stellt sich ohne großen Aufwand eine sehr gleichmäßige und über die jeweiligen Abstandsverhältnisse definierbare Spannung in den Deckschichten und den Verbindungselementen des jeweiligen Plattenlautsprechers ein.

Besonders gute Wiedergabeverhältnisse der unter Spannung stehenden Verbindungselemente werden dann erzielt, wenn die so ausgebildeten Plattenlautsprecher zur Wiedergabe tieffrequenter Tonsignale eingesetzt werden. Dies heißt aber nicht, daß vorgespannte Verbindungselemente ausschließlich der Verbesserung der Baßübertragung vorbehalten sind. Vielmehr sind gespannte Deckschichten und/oder Verbindungselemente auch bei Mittelton- und Breitbandpaneelen einsetzbar.

Stehen gemäß Anspruch 7 auch die Bereiche der Deckschichten, welche mit der Kernschicht verbunden sind, auch unter mechanischer Spannung, wird speziell bei dünnen Metallfolien die Dehnwellengeschwindigkeit bei den Deckschichten erhöht.

Die durch mechanische Spannung der Verbindungselemente und/oder der Deckschichten entstehen, besonders tieffrequenten Resonanzen können in ihrer Schwingungsamplitude reduziert werden, indem gemäß Anspruch 8 die jeweils unter mechanischer Spannung stehenden Teile (Deckschichten und/oder Verbindungselemente) mit Dämpfungselementen versehen werden.

Auch kann gemäß Anspruch 9 die mechanische Spannung der Verbindungselemente und der Deckschichten unterschiedlich sein. Dadurch lassen sich sehr einfach unterschiedlich große Dämpfungswerte bei den verschiedenen Teilen sehr einfach realisieren.

#### Kurze Darstellung der Figuren

Es zeigen:

Fig. 1 einen Plattenlautsprecher in Draufsicht;

Fig. 2 einen weiteren Plattenlautsprecher in Draufsicht;

Fig. 3 einen Plattenlautsprecher gemäß Fig. 1 in Seitenansicht;

Fig. 4a und b eine weitere Seitenansicht eines Plattenlautsprechers; und

Fig. 5a und b eine weitere Seitenansicht eines Plattenlautsprechers.

#### Wege zum Ausführen der Erfindung

Die Erfindung soll nun anhand der Figuren näher erläutert werden. In Fig. 1 ist eine Schallwiedergabeordnung in der Form eines Plattenlautsprechers 11 gezeigt, welche nach dem schon erläuterten "Biegewellenprinzip" arbeitet. Diese Anordnung 10 wird von einem Paneel 11 und einer Peripherie 12 gebildet.

Das Paneel 11, welches in Fig. 3 näher gezeigt ist, ist sandwich-förmig aufgebaut, indem eine Kernschicht 13, welche vorliegend eine Wabenstruktur besitzt, an zwei gegenüberliegenden Oberflächen mit je einer dünnen Dichtschicht 14.o, 14.u versehen ist.

Die Peripherie 12 wird im in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel von einer mit einer Öffnung 15 versehenen Einbauwand 16 gebildet. In diese Öffnung 15 ist das Paneel 11 eingesetzt. Die Verbindung zwischen dem Paneel 11 und der Peripherie 12 in Form der Einbauwand 16 ist so realisiert, daß ein Verbindungselement 17 mit der Deckschicht 14.o und der Einbauwand 16 verbunden ist. Aus Fig. 1, welche eine Draufsicht auf einen Plattenlautsprecher 10 zeigt, ist auch entnehmbar, daß das Verbindungselement 17 einteilig ausgebildet ist und den gegenseitigen Abstand A zwischen den einander zugewandten Rändern 24 und 24' von Paneel 11 und Öffnung 15 vollständig überdeckt.

Die überragenden Ergebnisse bei der Tonwiedergabe werden dadurch erzielt, daß die Deckschichten 14.o, 14.u der Paneels 11 unter mechanischer Spannung stehen. Die Spannung in den Verbindungselementen 17, welche in Fig. 3 durch den gezeigten Doppelpfeil P angedeutet ist, kann im in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel dadurch erzielt werden, daß nach dem Einsetzen des Paneels 11 in die Öffnung 15 die an der Einbauwand 16 anliegenden Bereiche des Verbindungselements 17 vor ihrem Verbinden mit der Einbauwand 16 in x- und y-Richtung (Fig. 1) gestreckt werden.

Im Zusammenhang mit den Fig. 1 und 3 sei nur der Vollständigkeit halber ausgeführt, daß in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen 18 Treiber bezeichnet sind, welche das Paneel 11 in Schwingungen versetzen, und daß mittels des in Fig. 3 gestrichelt gezeigten Verbindungselement 17' im Bedarfsfall eine weitere - ebenfalls gespannte - Verbindung zwischen der Einbauwand 16 und dem Paneel 11 herstellen werden kann.

Außerdem ist in Fig. 3 durch die gestrichelt dargestellten Doppelpfeile P4 angedeutet, daß auch die mit der Kernschicht 13 verbundenen Deckschichten 14.u, 14.o unter mechanischer Spannung stehen können, wobei in diesem Falle der Grad der mechanischen Spannung der Verbindungselemente 17 und der Deckschichten 14.u, 14.o nicht notwendig gleich groß sein muß. Mit dem Bezugszeichen 30 sind in Fig. 3 Dämpfungselemente bezeichnet, die ggf. zur Begrenzung der Schwingungsamplitude bei unter mechanischer Spannung stehenden Verbindungselementen 17, 17' und/oder Deckschichten 14.o, 14.u zum Einsatz kommen können.

In Fig. 2 ist ein Plattenlautsprecher 10 dargestellt, welcher eine Mehrzahl von Paneelen 11 aufweist. Bezogen auf das mittlere Paneel 11' bedeutet dies, daß die das Paneel 11' umgebenden Paneele 11" dessen Peripherie 12 bilden. Im übrigen wird in diesem Ausführungsbeispiel die Peripherie 12 für alle Paneele von einem eigenständigen Rahmen 19 gebildet, welcher alle Paneele 11 umrandet. Die Verwendung eines eigenständigen Rahmens 19 bei einem oder auch bei mehreren Paneelen 11 hat den Vorteil, daß die Spannung in den Verbindungselementen 17 nicht erst beim unmittelbaren Verbinden des oder der Paneele 11 am jeweiligen Einbauort ausgeführt werden muß, sondern schon werkseitig sehr einfach und genau eingestellt werden kann, wenn das

oder die jeweilige Plattenlautsprecher 10 nur zusammen mit einem Rahmen 19 ausgeliefert wird.

Ferner ist der Draufsicht gemäß Fig. 2 entnehmbar, daß die Paneele 11 unterschiedliche Abmessungen sowie auch unterschiedliche Abstände untereinander bzw. zum Rahmen 19 aufweisen. Die unterschiedlichen Abmessungen der Paneele 11 haben ihre Ursache darin, daß die verschiedenen Paneele 11 der in Fig. 2 gezeigten Anordnung 10 als sogenannte Bereichsstrahler für unterschiedliche Tonfrequenzbereiche optimiert ausgebildet sind. Diese Art der Ausbildung macht es zur gegenseitigen Entkopplung der verschiedenen Paneele 11 ferner erforderlich, daß auch die Abstände zwischen den einzelnen Paneelen 11 bzw. die Abstände der Paneele 11 zum Rahmen 19 dem entsprechenden Wiedergabebereich der betroffenen Paneele 11 angepaßt werden. Nur der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, daß wegen der für unterschiedliche Frequenzbereiche optimiert ausgebildeten Paneele 11 die mechanische Spannung in den Deckschichten (in Fig. 2 nicht näher gezeigt) der verschiedenen Paneele 11 ebenfalls den entsprechenden Wiedergabezwecken angepaßt ist.

Auch wird im in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel auf die Verwendung eigenständiger Verbindungselemente 17 verzichtet. Vielmehr sind die Paneele 11 miteinander bzw. mit dem Rahmen 19 ausschließlich mittels der Deckschicht 14.o verbunden. Diese Art der Verbindung ist in den Fig. 4b und 5b näher gezeigt und wird im Zusammenhang mit diesen Figuren näher erläutert werden.

In Fig. 4a ist ein Ausführungsbeispiel für einen Rahmen 19 gezeigt. Oberhalb des Rahmens 19 ist ein Pannel 11 angeordnet. In Gegensatz zum in Fig. 3 gezeigten Pannel 11 steht die Deckschicht etwas über die Ränder 24 der Kernschicht 13 über. Außerdem sind an den Rändern 24 der Deckschicht 14.o Spannleisten 20 befestigt. Wird nun die Deckschicht 14.o in Pfeilrichtung P1 durch externe Kraftwirkungen elastisch verformt und in diesem Zustand in Richtung P2 auf den Rahmen 19 abgesenkt, stellen sich, wenn die Deckschicht 14.o am Rahmen anliegt, Verhältnisse ein, die in Fig. 4b gezeigt sind. Dieser Darstellung ist auch entnehmbar, daß das Pannel 11 ausschließlich mittels der Deckschicht 14.o mit dem Rahmen 19 verbunden ist und daß die Spannleisten 20 an den seitlichen Kanten 21 des Rahmens anliegenden, wenn die Bewegung entlang der Pfeilrichtung P2 abgeschlossen ist. Da nach der Montage entsprechend den in Fig. 4a gezeigten Verhältnissen der Abstand A' zwischen den beiden Spannleisten 20 geringer ist als der Abstand A" zwischen zwei gegenüber liegenden Kanten 21 des Rahmens 19, baut sich dank der Rückstellkräfte im Bereich 17 der Deckschicht 14.o die gewünschte mechanische Spannung (angedeutet durch die Doppelpfeile) auf, wenn der gemäß Fig. 4b gezeigte Zustand erreicht ist.

Ist entgegen der Darstellung gemäß Fig. 4a und 4b die Deckschicht 14.o nicht mit der Kernschicht 13 verbunden, wird die Spannung in der gesamten Deckschicht 14.o aufgebaut. Um die für die Übertragung vorteilhaften Wirkungen der gespannten Deckschicht 14.o zu erhalten, muß dann nur noch die Kernschicht 13 mit der Deckschicht 14.o verbunden werden.

Fig. 5a und b zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer unter mechanischer Spannung stehenden Verbindung zwischen einem Pannel 11 und einem Rahmen 19. Hier ist im Gegensatz zur Darstellung gemäß Fig. 4a und b der Abstand A' zwischen den Spannleisten 20 gleich dem Abstand A" zwischen den gegenüber liegenden Kanten 21 des Rahmens 19. Diese Abstandsverhältnisse machen es auch überflüssig die Deckschicht 14.o in Fig. 5a zur Herstellung der Verbindung mit dem Rahmen 19 (Fig. 5b) einer im Zusammenhang mit Fig. 4a gezeigten Kraftwirkung (P1) auszusetzen.

Die erforderliche Spannung in den Bereichen 17' der Deckschicht 14.o wird dadurch herbeigeführt, daß nachdem die Deckschicht 14.o am Rahmen 19 bzw. die Spannleisten 20 an den Kanten 21 spannungsfrei anliegen (gezeigt an der linken Seite in Fig. 5b), eine oder auch beide Spannleisten 20 in Pfeilrichtung P3 gedreht werden, so daß nicht mehr die Längsseite 22, sondern die Schmalseite 23 der Spannleiste 20 an der Kante 21 des Rahmens 19 anliegt (gezeigt an der rechten Seite in Fig. 5b).

Soll nicht nur eine Spannung in den Bereichen 17' der Deckschicht 14.o, sondern auch in der gesamten Deckschicht 14.o herbeigeführt werden, muß nur die Deckschicht 14.o entsprechend den Ausführungen zu den Fig. 4a bis 5b mit dem Rahmen 19 verbunden und anschließend die Kernschicht 13 an der dann vollständig gespannten Deckschicht 14.o beispielsweise durch Verkleben befestigt werden. Auf ein nachträgliches Verbinden von Kernschicht 13 und Deckschicht 14.o als separatem Arbeitsschritt bei einer vollständig gespannten Deckschicht 14.o kann dann verzichtet werden, wenn die Einheit aus Kernschicht 13 und Deckschicht 14.o gemäß den Fig. 4a bis 5b verbunden wird, solange der Klebstoff, welcher die Verbindung zwischen der Deckschicht 14.o und der Kernschicht 13 herstellt, noch nicht abge bunden hat.

Nur der Vollständigkeit halber sei angemerkt, daß in den Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 4a bis 5b bei entsprechender Modifikation auch beide Deckschichten 14.o und 14.u unter mechanischer Spannung stehen können.

#### Patentansprüche

1. Plattenlautsprecher mit einer Kernschicht 13 und zumindest einer Deckschicht 14.o, 14.u,
- mit einer Peripherie 12, welche den Plattenlautsprecher 11 mit seitlichem Abstand A umrandet, und mit Verbindungselementen 17, 17', welche den Plattenlautsprecher 11 mit der Peripherie 12 verbinden, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungselemente 17, 17' im mit der Peripherie 12 verbundenen Zustand unter mechanischer Spannung stehen.
2. Plattenlautsprecher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungselemente 17, 17' von der oder den Deckschichten 14.o; 14.u des jeweiligen Plattenlautsprechers 11 gebildet sind, indem wenigstens eine der Deckschichten 14.o; 14.u des jeweiligen Plattenlautsprechers 11 bis zur Peripherie 12 geführt ist.
3. Plattenlautsprecher nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Peripherie von einem Rahmen 19 gebildet ist.
4. Plattenlautsprecher nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Peripherie 12 eines Plattenlautsprechers 11 von zumindest einem weiteren Pannel 10 gebildet ist.
5. Plattenlautsprecher nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweiligen Verbindungselemente 17, 17' an ihren Rändern 24, welche mit der Peripherie 12 verbunden sind, mit Spannleisten 20 versehen sind, daß die Peripherie mit Kanten 21 versehen ist, an die Spannleisten 20 anliegen, wenn der Plattenlautsprecher 11 mit der Peripherie 12 verbunden ist, und daß bei einem noch nicht mit der Peripherie 12 verbundenen Plattenlautsprecher 11 die Abstände A' zwischen den Spannleisten 20 und den durch den Mittelpunkt des jeweiligen Plattenlautsprechers 11 verlaufenden Koordinatenlinien x, y kleiner sind als die Abstände A" zwischen

schen den Kanten 21 und den ebenfalls durch den Mittelpunkt der Peripherie 12 verlaufenden Koordinatenlinien x, y.

6. Plattenlautsprecher nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Plattenlautsprecher 11 ein Baßpaneel zur Wiedergabe tieffrequenter Töne ist.

7. Plattenlautsprecher nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß auch die Bereiche der Deckschichten 14.o, 14.u, welche mit der Kernschicht 13 verbunden sind, unter mechanischer Spannung stehen.

8. Plattenlautsprecher nach Anspruch 1 oder Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet; daß die Kernschicht 13 und/oder die Verbindungselemente 17, 17' mit 30 versehen sind.

9. Plattenlautsprecher nach Anspruch 7 oder Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die mechanische Spannung in den Verbindungselementen 17, 17' zu der mechanischen Spannung in den unter Spannung stehenden Deckschichten 14.o, 14.u verschieden ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

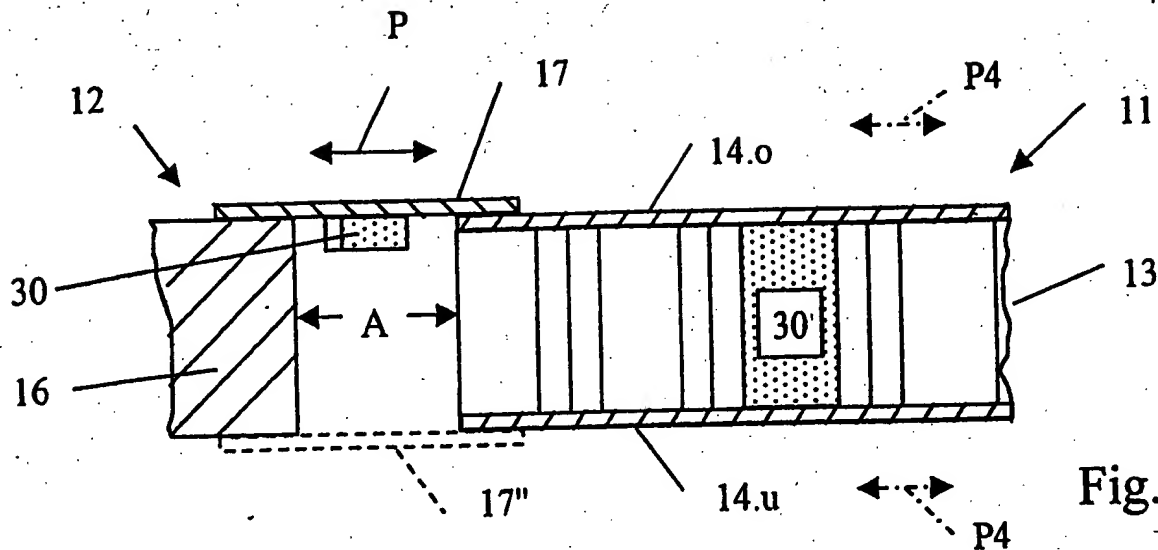


Fig. 3

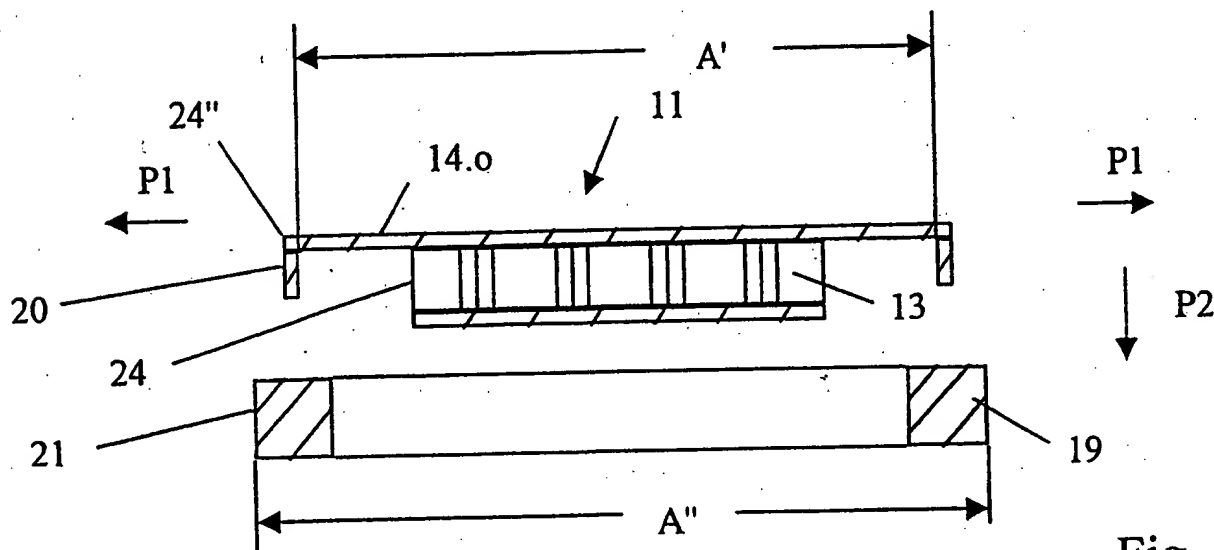


Fig. 4a

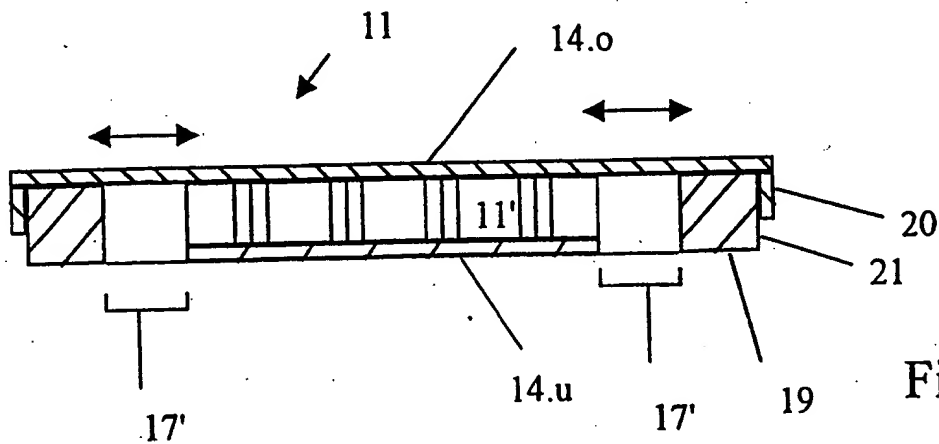
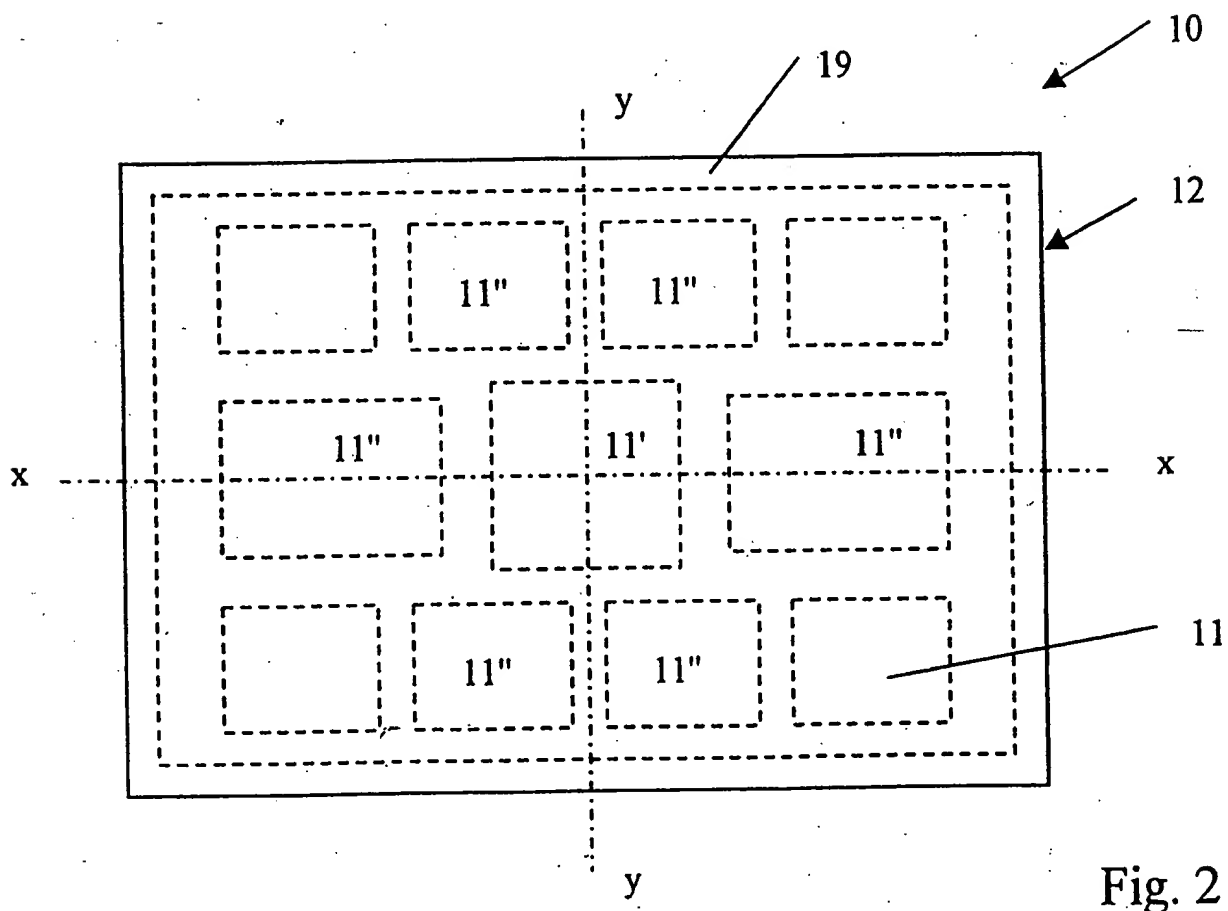
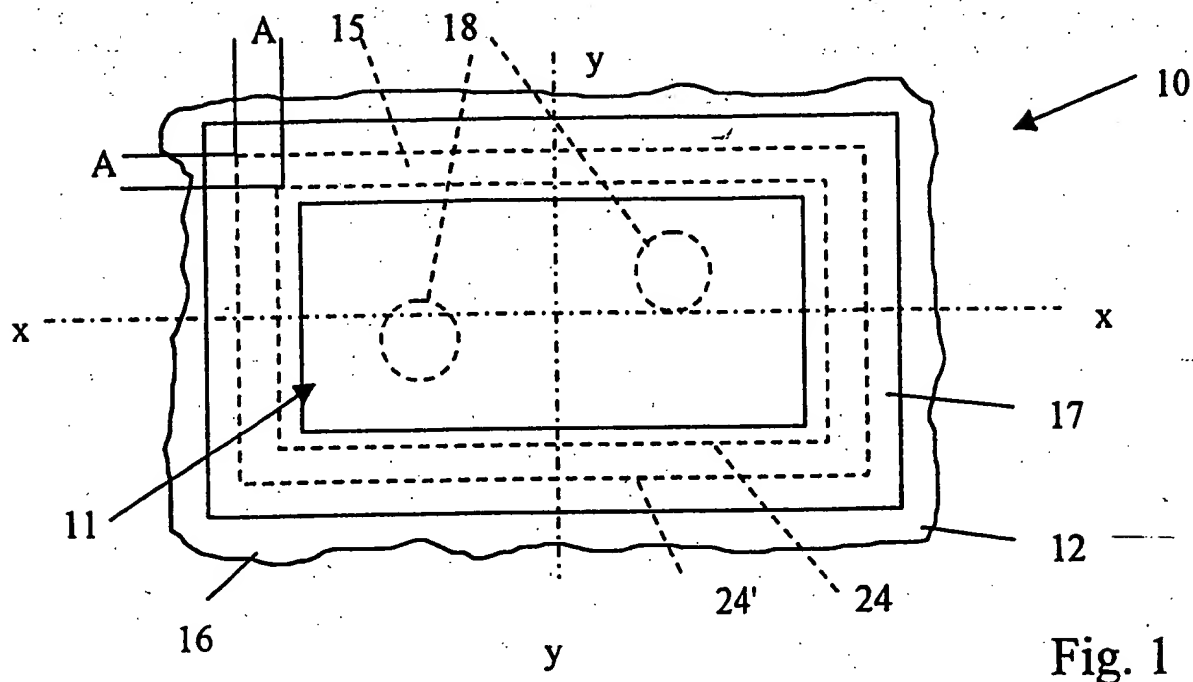


Fig. 4b







## Panel loudspeaker

### Technical field

The invention relates to panel loudspeakers and, more particularly, to improving the radiation characteristic of panel loudspeakers at low frequencies. \_

### 5 State of the art

- Panel loudspeakers operating according to the multi-resonance principle are known in the art and frequently referred to as "distributed mode loudspeakers." These devices are essentially formed of a flat panel and at least one drive — — system, wherein oscillations are introduced in the panel by supplying low
- 10 frequency electrical audio signals to the drive system. The drive systems for these devices are formed of one or several of electromagnetic drivers (shakers), depending on the application. However, the drive systems can also include piezo-electric bending oscillators, either alone or in combination with the aforescribed shakers.
- 15 To properly operate panel loudspeakers, the loudspeakers are connected to a periphery using connecting elements. With this periphery, the entire panel loudspeaker can be secured from the outside and, on the other hand, the weight of the panel and of the drive system(s) can be supported in a manner advantageous for sound reproduction.
- 20 In sound reproduction systems implemented as panel loudspeakers, "bending wave radiation" can occur above a critical lower frequency limit, with the panel loudspeaker radiating the bending waves in a direction that depends on the sound frequency. A cross-section through a directional diagram shows a main lobe having a frequency dependent direction.
- 25 The panel of the panel loudspeaker consists of a sandwich structure, wherein preferably two opposing surfaces of a very light core layer are connected, for example by an adhesive bond, by way of a respective cover layer that is thin in

comparison to the core layer. The panel loudspeaker has a particularly good sound reproduction if the material for the cover layer has a high dilatational wave velocity. Suitable material for cover layers are, for example, thin metal foils or fiber-reinforced plastic foils. The core layer also has to meet certain

5 requirements and should have a particularly low density of, for example, 20 to 30 kg/m<sup>3</sup>). The core layer should also be able to withstand high shearing forces acting normal to the cover layers, which requires that the elasticity module in the direction normal to the cover layers is sufficiently large, whereas a small elasticity module parallel to the cover layers is acceptable. Accordingly, the core layer can  
10 be either anisotropic or isotropic. Suitable ultra-light core layer structures are, for example, honeycomb structures made of light metal alloys or resin-impregnated fiber-reinforced paper (anisotropic) and expanded foam (isotropic).

A system of the aforescribed type can radiate sound waves by connecting the panel to a drive system which deforms the panel perpendicular to the plane of  
15 the cover layers in a wave-like pattern. The drive system can be a conventional magnet system that is attached to or integrated with the panel.

The efficiency of panel loudspeakers operating according to the multi-resonance principle can be optimized by leaving the marginal edge of the panel, if all possible, "unrestrained." In other words, transverse oscillations propagating in  
20 the panel should be neither restricted nor attenuated in the marginal region of the panel.

Although the panel loudspeaker described above can successfully reproduce tones in the midrange and high-frequency range, it has been observed that low frequencies, i.e., bass tones, can only be faithfully reproduced by using panels  
25 having an undesirably large surface area. If the required large surface area is not provided, then the lowest panel frequencies which support the bass reproduction, move to the mid-frequency range.

It is a therefore an object of the invention to provide panel loudspeakers with relatively small panel surface areas that have an improved sound reproduction in

the bass frequency range.

#### Description of the invention

The object is solved by the characterizing features of claim 1. Advantageous embodiments and improvements are recited in the claims 2 to 9.

- 5 If a panel of a panel loudspeaker is connected with a periphery by way of connecting elements that are under mechanical tension, then additional resonances, in particular low frequency drum resonances, are produced in addition to the existing low frequency panel resonances. These additional resonances can be tuned by adjusting the tension in the connecting elements.
- 10 It should be pointed out at this point that the material used for the connecting elements and the pretension in the connecting elements has a significant impact on the reproduction of low-frequency audio signals.

It is not necessary that the tensioned connecting elements have the same tension in different directions.

- 15 If, according to claim 2, the respective connecting elements are formed either by one cover layer or by both cover layers, with the respective cover layer(s) bridging the lateral gap to the periphery, then the periphery and the panel form a very simple unit that can be manufactured easily and inexpensively.

- If, according to claim 3, the respective periphery is formed by a frame, then such  
20 assemblies can be easily connected with other objects, because the required tension in the cover layer(s) and/or the connecting elements can be produced with high quality already at the place of manufacture.

- The panel loudspeakers according to the invention can not only be used as stand-alone sound reproduction units. Instead or in addition, according to claim  
25 4, several panel loudspeakers can also be combined into a larger acoustic wall, without the need to directly connect the individual panel with a periphery that is not excited by drivers. It has been observed in the context of the present

invention that the same type of connecting elements that are employed to connect the panel to a periphery that is not excited (e.g., a frame), can also be used to connect adjacent panels of a larger acoustic wall with one another, without acoustically coupling these panels. If such larger acoustic wall - as  
5 already described in connection with claim 1 - is also connected, for example, with a frame through corresponding connecting elements, then the tension that exists in the connecting elements attached to the frame can also be used to adjust the tension in the connecting elements that are disposed between the panels of the acoustic wall. The tension in the connection between two adjacent  
10 decoupled panels can then be fine-tuned by selecting a proper size and/or — material for the respective connecting element.

According to claim 5, the tension in the cover layers and/or connecting elements can be easily adjusted by providing tensioning strips on the edges of the corresponding connecting elements that are connected with the periphery. The  
15 tension can further be adjusted by providing the periphery with edges which are in contact with the tensioning strips when the panel is connected to the periphery, and by making the distance between the tensioning strips and the coordinate lines extending through the center of the respective panel loudspeaker smaller than the distance between the edges and the coordinate lines that also extend  
20 through the center of the periphery, before the panel is connected to the periphery. By connecting the tensioning strips with the edges, a uniform tension defined by the respective distances can be easily attained in the cover layers and the connecting elements of the respective panel loudspeaker.

The connecting elements under tension provide particularly advantageous sound  
25 reproduction conditions with a panel loudspeaker formed in this manner and used for reproducing low-frequency audio signals. However, the application of pretensioned connecting elements is not limited to improving only the bass reproduction. Cover layers and/or connecting elements under tension can also be employed with midrange and broadband panels.

If, according to claim 7, the regions of the cover layers that are connected with the core layer are also under mechanical tension, then the dilatational wave velocity of the cover layers is increased, in particular when using thin metal foils.

According to claim 8, the oscillation amplitude of the very low-frequency resonances produced by the mechanical tension of the connecting elements and/or the cover layers can be reduced by providing those elements that are subject to mechanical tension (cover layers and/or connecting elements) with attenuation (damping) elements to provide damping.

According to claim 9, the mechanical tension in the connecting elements and the cover layers can be different. In this way, different attenuation values can be easily realized for the different elements.

#### Brief description of the drawings

Fig. 1 shows a top view of a panel loudspeaker;

Fig. 2 shows a top view of another panel loudspeaker;

Fig. 3 is a side view of the panel loudspeaker of Fig. 1;

Fig. 4a, b show another side view of a panel loudspeaker; and

Fig. 5a, b show another side view of a panel loudspeaker.

#### Modes for carrying out the invention

The invention will now be described in detail with reference to the Figures. Fig. 1 shows a sound reproduction device in form of a panel loudspeaker 11 operating according to the aforescribed "bending wave principle." The sound reproduction device 10 is formed by a panel 11 and a periphery 12.

As seen in more detail in Fig. 3, the panel 11 is constructed as a sandwich structure which includes a core layer 13, which in the present example has a honeycomb structure, and thin cover layers 14.o, 14.u disposed on two opposing

surfaces of the core layer 13.

In the embodiment depicted in Fig. 1, the periphery 12 is formed by an installation wall with an opening 15. The panel 11 is inserted into this opening. The connection between the panel 11 and the periphery 12 formed by the installation wall 16 is implemented by connecting a connecting element 17 with the cover layers 14.o and the installation wall 16. As seen from Fig. 1, which depicts a top view of a panel loudspeaker 10, the connecting element 17 is formed as a single piece and completely covers the gap A formed between the opposing edges 24 and 24' of the panel 11 and the respective opening 15.

10 Excellent sound reproduction is achieved by placing the cover layers 14.o, 14.u of the panel 11 under mechanical tension. The tension in the connecting elements 17 which is indicated in Fig. 3 by the double arrow P, is achieved in the embodiment illustrated in Fig. 1 by stretching the regions of the connecting element 17 that are in contact with the installation wall 16, in the x- and y-  
15 direction (Fig. 1) after the panel 11 is inserted in the opening 15, but before these regions are connected with the installation wall 16.

For sake of completeness, it should be mentioned with reference to Figs. 1 and 3, that the reference numeral 18 in Fig. 1 indicates drivers that introduce oscillations in the panel 11, and that the connecting element 17" indicated in Fig.  
20 3 by the dashed line can provide another connection - which is also under tension - between the installation wall 16 and the panel 11.

As indicated in Fig. 3 by the dotted double arrows P4, the cover layers 14.u, 14.o that are connected with the core layer 13 can also be under mechanical tension. However, the degree of the mechanical tension of the connecting elements 17  
25 and the cover layers 14.u, 14.o need in this case not be identical. The reference numerals 30 in Fig. 3 indicate optional damping elements for limiting the oscillation amplitude when the connecting elements 17, 17' and/or the cover layers 14.o, 14.u are under mechanical tension.

Fig. 2 shows a panel loudspeaker 10 consisting of several panels 11. The panels 11" surrounding the panel 11' form the periphery 11' of the panel 11' with respect to the center panel 11'. In the illustrated embodiment, a separate frame that surrounds all panels 11 forms the periphery 12 for all panels. Using a separate  
5 frame 19 with one or several panels 11 has the advantage that the connecting elements 17 do not have to be tensioned when the panel(s) is/are connected at the installation location, but that the tension in the connecting elements 17 can be adjusted easily and exactly already at the factory, if the respective panel loudspeaker(s) is/are shipped installed in a frame 19.

10 As also seen from the top view of Fig. 2, the panels 11 can have different dimensions as well as a different spacing from one another and/or from the frame 19. The panels 11 have different dimensions because the different panels 11 of the device illustrated in Fig. 2 are so-called range radiators optimized for different audio frequency ranges. For decoupling the different panels 11 from each other,  
15 the spacing between the individual panels 11 and/or the spacing between the panels 11 and the frame 19 is also adapted to the respective reproduction range of these panels 11. Since the panels 11 are optimized for different frequency ranges, the mechanical tension in the cover layers (not shown in detail in Fig. 2) of the different panels 11 can also be adapted to the different reproduction  
20 requirements.

In the embodiment depicted in Fig. 2, separate connecting elements 17 are no longer required. Instead, the panels 11 are connected with each other and/or with the frame 19 only through the cover layer 14.o. This type of connection is shown in detail in Figs. 4b and 5b and will be discussed below more specifically  
25 with reference to these Figures.

Fig. 4a depicts an embodiment of a frame 19. A panel 11 is arranged above the frame 19. Unlike the panel 11 shown in Fig. 3, the cover layer projects slightly over the marginal edges 24 of the core layer 13. In addition, tension strips 20 are attached to the marginal edges 24" of the cover layer 14.o. If the cover layer

14.o is elastically deformed by an external force in the direction of the arrow P1 and is in this state lowered towards the frame 19 in the direction P2, then the situation shown in Fig. 4b will arise where the cover layer 14.o contacts the frame. As also seen in Fig. 4b, the panel 11 is connected to the frame 19 only through the cover layer 14.o and the tension strips 20 contact the lateral edges 21 of the frame at the end of the aforescribed movement in the direction of the arrow P2. Since according to the situation illustrated in Fig. 4a, the separation A' between the two tension strips 20 after installation is smaller than the separation A" between two opposing marginal edges 21 of the frame 19, the desired mechanical tension (as indicated by the double arrows) builds up in the situation depicted in Fig. 4b as a result of the restoring forces produced in the regions 17' of the cover layer 14.o.

If, unlike the illustration of Figs. 4a and 4b, the cover layer 14.o is not connected with the core layer 13, then tension builds up in the entire cover layer 14.o. To maintain the advantageous effects of the tension cover layer 14.o for sound transmission, the core layer 13 will have to be connected with the cover layer 14.o.

Figs. 5a and 5b depict another embodiment of a connection under mechanical tension between a panel 11 and a frame 19. Unlike the embodiment depicted in Figs. 4a and 4b, the spacing A' between the tension strips 20 is identical to the spacing A" between the opposing marginal edges 21 of the frame 19. With these values for the respective spacing, the cover layer 14.o depicted in Fig. 5a need not be exposed to a force (P1) (shown in Fig. 4a) in order to establish a connection with a frame 19 (Fig. 5b). The required tension in the regions 17' of the cover layer 14.o is produced by first establishing contact between the cover layer 14.o and the frame 19 as well as between the tension strips 20 and the marginal edges 21 without tension (a shown on the left side in Fig. 5b), and by subsequently rotating one or both tension strips 20 in the direction of arrow P3. As a result, the narrow side 23 of the tension strips 20 - instead of the longer side 22 - makes contact with the marginal edge 21 of the frame 19 (a shown on the



right side in Fig. 5b).

If tension is to be introduced not only in the regions 17' of the cover layer 14.o, but rather across the entire cover layer 14.o, then the cover layer 14.o should be connected to the frame 19 following the discussion above with reference to Figs. 4a to 5b, whereafter the core layer 13 is attached to the fully tensioned cover layer 14.o, for example, with an adhesive. If the entire cover layer 14.o is under tension, then the core layer 13 and the cover layer 14.o need not be connected in a subsequent separate operation as long as the unit composed of the core layer 13 and the cover layer 14.o is connected according to Figs. 4a to 5b and the adhesive connecting the cover layer 14.o with the core layer 13 has not yet set.

For sake of completeness, it should be noted that the embodiments depicted in Figs. 4a to 5b can be modified so as to place both cover layers 14.o and 14.u under mechanical tension.

## Claims

### 1. Panel loudspeaker

with a core layer 13 and at least one cover layer 14.o, 14.u,

with a periphery 12 that surrounds the panel loudspeaker 11 with a lateral gap A,  
and

with connecting elements 17, 17' that connect the panel loudspeaker 11 with the  
periphery 12,

characterized in

that the connecting elements 17, 17' are under mechanical tension when  
connected with the periphery 12.

### 2. Panel loudspeaker according to claim 1

characterized in

that the connecting elements 17, 17' are formed by the cover layer(s) 14.o, 14.u  
of the respective panel loudspeaker 11 in that at least one of the cover layers  
14.o, 14.u of the respective panel loudspeaker 11 extends to the periphery 12.

### 3. Panel loudspeaker according to claim 1 or claim 2

characterized in

that the periphery is formed by a frame 19.

### 4. Panel loudspeaker according to claim 1 or claim 2

characterized in

that the periphery 12 of a panel loudspeaker 11 is formed by at least one

additional panel 10.

5. Panel loudspeaker according to claim 1 or claim 2

characterized in

that the respective connecting elements 17, 17' are provided with tension strips 20 on the marginal edges 24" that are connected with the periphery 12,

that the periphery has edges 21 that are contacted by the tension strips 20 when the panel loudspeaker 11 is connected with the periphery 12, and

that for a panel loudspeaker 11 that has not yet been connected with the periphery 12, the distances A' between the tension strips 20 and the coordinate lines x, y extending through the center of the respective panel loudspeaker 11, are smaller than the distances A" between the edges 21 and the coordinate lines x, y that also extend through the center of the periphery 12.

6. Panel loudspeaker according to one of the claims 1 to 5

characterized in

that the panel loudspeaker 11 is a bass panel adapted to reproduce low-frequency sound.

7. Panel loudspeaker according to one of the claims 1 to 6

characterized in

that in addition, the regions of the cover layers 14.o, 14.u that are connected with a core layer 13, also under mechanical tension.

8. Panel loudspeaker according to claim 1 or claim 7

characterized in

that the core layer 13 and/or the connecting elements 17, 17' are provided with

30.

9. Panel loudspeaker according to claim 7 or claim 8

characterized in

that the mechanical tension in the connecting elements 17, 17' is different from the mechanical tension in the tensioned cover layers 14.o, 14.u.